



УДК 662.767.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ СУБСТРАТА С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВА WISESOIL

Improving the efficiency of processing of the substrate using Wisesoil device

Терпелец Михаил Александрович, магистрант каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: mikhail.terpelets@gmail.com, Тел.: +7(919)392-97-52

Смотрницкий Андрей Владимирович, главный инженер, ООО «Биоэнергия», Россия, 620016, г. Екатеринбург, ул. Двинская, 28. E-mail: info@wisesoil.org. Тел.: +7(922)291-85-60

Арбузова Елена Валерьевна, старший преподаватель каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: mureva82@mail.ru. Тел.: +7(929)212-14-31

Велькин Владимир Иванович, кандидат технических наук, доцент каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: v.i.velkin@urfu.ru, Тел.: +7(922)104-62-48

Mikhail A. Terpelets, Master student, Department «Nuclear Energy and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: mikhail.terpelets@gmail.com. Ph.: +7(919)392-97-52

Andrei V. Smotritskiy, Chief Engineer, Bioenergy LLC, 620016, Dvinskaya 28, Ekaterinburg, Russia. E-mail: info@wisesoil.org. Тел.: +7(922)291-85-60

Elena V. Arbuzova, Senior Lecturer, Department «Nuclear Energy and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: mureva82@mail.ru. Ph.: +7(929)212-14-31

Vladimir I. Velkin, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor., Prof., Department «Nuclear Energy and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: v.i.velkin@urfu.ru Ph.: +7 (343) 375-47-78

Аннотация: Одной из тенденций развития биоэнергетики сегодня является поиск оптимальных методов предварительной обработки сырья, для увеличения выхода биогаза. В статье рассматривается принцип действия и результаты испытаний устройства предварительной подготовки сырья, разрабатываемого компанией Wisesoil.

Abstract: One of the trends in the development of bioenergy today is to find the most optimal pretreatment methods to increase the yield of biogas. The article examines operating principles and test results of the device of preliminary preparation of raw materials, developed by Wisesoil.

Ключевые слова: биоэнергетика; предварительная обработка; биогаз; Wisesoil.

Key words: bioenergy; pre-treatment; biogas; Wisesoil.

Биоэнергетика — это производство энергии из биотоплива различных видов. Биоэнергетикой считается производство энергии как из твердых видов биотоплива (щепа, пеллеты из древесины, лузги, соломы и т. п., брикеты), так и биогаза, и жидкого биотоплива различного происхождения. Сегодня технологии переработки биологического сырья широко используются для решения проблем безопасной утилизации органических отходов,

уменьшения загрязнения окружающей среды и получения альтернативной энергии. Одна из основных тенденций агропромышленных регионов заключается в поиске наилучших технологий переработки органических отходов с утилизацией биомассы за счет метанового сбраживания с получением биогаза.

Однако, перед биоэнергетикой стоит ряд проблем. Так, например, сложная структура некоторых видов субстрата с высоким содержанием лигнина и лигноцеллюлоз усложняет переработку данных видов субстрата микроорганизмами. Из-за этого процесс переработки происходит неполностью и растягивается во времени. Для упрощения переработки биомассы и за счёт этого увеличения выхода биогаза могут быть использованы различные виды предварительной обработки [2]. Это особенно важно для малорентабельных производств, где иначе невозможно получить экономическую выгоду.

ПОДГОТОВКА СУБСТРАТА

Предварительная обработка субстрата нужна для повышения эффективности последующего процесса сбраживания, а также высокого качества работы используемого оборудования.

В зависимости от состава субстрата предпочтительный способ обработки сильно меняется. Наибольшей проблемой является применение наиболее эффективных методов обработки к отдельным компонентам исходного сырья. Например, субстраты с высоким содержанием сухого вещества хорошо подходят для физических методов обработки, в то время как субстраты с высоким содержанием лигнина лучше подходят для химических методов [3].

УСТРОЙСТВО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СУБСТРАТА WISESOIL

Разработанное компанией Wisesoil устройство предварительной подготовки сырья позволяет увеличить производительность биогазовых установок. Устройство быстро устанавливается на уже работающие БГУ, ускоряя процесс сбраживания и повышая выход биогаза. В 2014 - 2015 гг. успешно реализованы пилотные проекты с использованием данного устройства на трех биогазовых установках в России.

Первые пилотные испытания установки были проведены в биогазовой установке в Оренбурге. Устройство было установлено на биогазовой станции, принадлежащей ООО «Комплекс», в сентябре 2014 г. Биогазовая установка УГБ-25, к которой было подключено устройство, имеет пропускную способность 1,5 - 2 тонны сырья в сутки. Завод использует пищевые отходы и коровий навоз в качестве сырья для получения биогаза. Результаты запуска приведены ниже:

- Примерно на 80% увеличился выход биогаза;
- Увеличилось отношение C/N, вероятнее всего, из-за разрушения частиц лигнина и целлюлозы.

Схема установки устройства приведена на рисунке 1. Прототип устройства показан на рисунке 2.

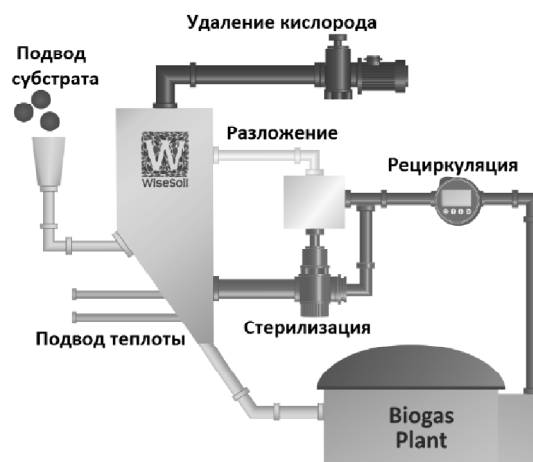


Рис. 1. Схема установки устройства подготовки субстрата

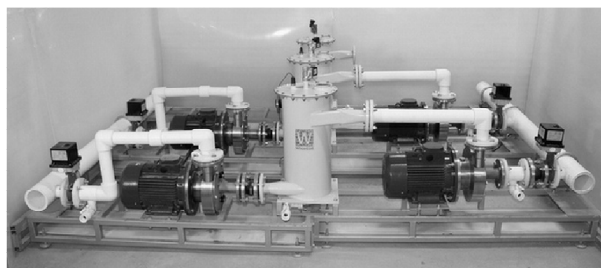


Рис. 2. Проточное устройство пропускной способностью 30 м³ сырья в час

Устройство подготовки субстрата основано на запатентованной технологии и осуществляет комплексную обработку сырья с использованием нескольких типов воздействий [4]. Ядром устройства является ультразвуковой гидродинамический излучатель, позволяющий создавать поле мощностью до 100 Вт/см². Устройство подвергает сырье мощному ультразвуковому воздействию, под воздействием которого стенки клеток разрушаются и питательные вещества, содержащиеся в них, попадают в окружающую среду. Устройство измельчает сырьё на фракции малого размера, сводит к минимуму нарушение бактериальной среды внутри варочного котла за счёт удаления воздуха, ультразвуковой гигиенизации и предварительного нагрева сырья [5]. Сочетание этих процессов наделяет исходное сырьё высокой реакционной способностью, что упрощает и ускоряет переваривание субстрата, увеличивая, тем самым, выход биогаза.

Кроме того, технология WiseSoil позволяет преобразовать трудноразлагаемые субстраты (например, волокнистые включения, солому и т.д.) в легкодоступный ресурс для производства биогаза. На рис. 2 представлено сравнение необработанного и обработанного зерна.



Рис. 3. Сравнение необработанного зерна (слева) и обработанного зерна (справа)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ НА ВЫХОД БИОГАЗА

Для изучения влияния обработки субстрата в устройстве подготовки на выход газа была проведена серия экспериментов, в ходе которых было изучено влияние обработки на объем получаемого газа и скорость его выхода.

Динамика образования газа из необработанного и обработанного сырья представлена на рисунке 4.

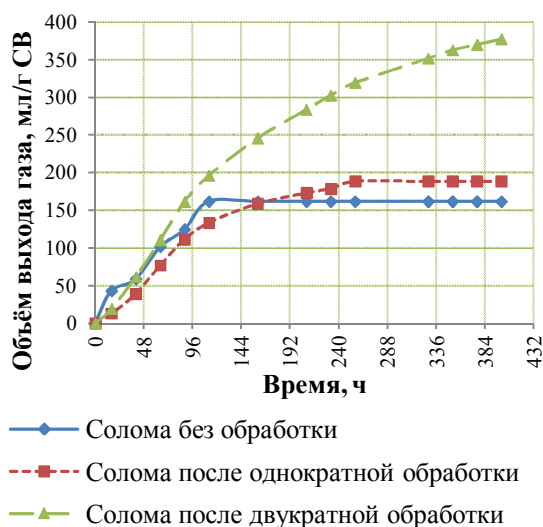


Рис. 4. Динамика образования газа при сбраживании соломы

Обработка субстрата оказывает положительное влияние на скорость и объем выхода газа из пищевых отходов. Можно заметить, что при однократной обработке суммарный объем выделившегося газа увеличился на 16,6%, а при двукратной – на 133,5 %.

Ультразвуковая обработка помимо гомогенизации субстрата осуществляет его стерилизацию. Чтобы проверить данное утверждение, в лаборатории кафедры физиологии и биохимии растений УрФУ

был проведен опыт по сравнению численности микроорганизмов в сырье с обработкой и без неё.

Для определения численности микроорганизмов использовался метод предельных разведений. Для анализа численности микроорганизмов достаточно проанализировать численность в последнем разведении и, исходя из неё, получить численность микроорганизмов в исходном сырье. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1.
Результаты измерения численности микроорганизмов

Обработка	Без обработки	Однократная обработка
Рассчитанная численность микроорганизмов в 1 мл исходного субстрата	$256 \cdot 10^{11}$	$38 \cdot 10^{11}$

В ходе подсчёта числа колоний был отмечен тот факт, что после обработки численность микроорганизмов во всех чашках Петри с образцами после обработки уменьшилась. Это свидетельствует о том, что устройство предварительной подготовки субстрата снижает численность микроорганизмов в субстрате, не достигая при этом полной стерилизации.

Рост выхода биогаза наблюдается за счёт ряда факторов.

Основным фактором является диспергация и гомогенизация субстрата. Частоты ультразвука вызывают появление пузырей пара в жидкости, которые тут же схлопываются, производя ударные волны, разрушающие крупные частицы субстрата [1]. Субстрат становится гораздо более гомогенным, что прекрасно видно на рисунке 3, приведённом выше. Увеличение площади поверхности субстрата упрощает микроорганизмам доступ к питательным веществам, что положительно сказывается на темпах их роста

Вторым существенным фактором является влияние ультразвуковой обработки на клеточную структуру субстрата. За счёт воздействия ультразвука в стенках клеток субстрата происходят разрывы, что способствует улучшению доступа микроорганизмов к целлюлозе. Помимо этого, разрушение клеток упрощает действие гидролитических ферментов и способствует увеличению скорости гидролиза биомассы.

Помимо этого, положительное влияние на выход газа оказывает эффект стерилизации субстрата. Микрофлора в исходном субстрате частично погибает под воздействием ультразвука, а значит,

при попадании в реактор со своей установившейся микрофлорой она будет оказывать микрофлоре реактора меньшее сопротивление, что должно положительно сказываться на росте численности метаногенных бактерий.

Поскольку именно аэробная микрофлора, содержащаяся в обрабатываемом субстрате, осуществляет процесс кислотогенеза, который подготавливает почву для жизнедеятельности метаногенных микроорганизмов, снижение их численности из-за стерилизации можно назвать явлением негативным. Однако полной стерилизации в субстрате не наблюдается и часть микрофлоры процесс переживает, а значит, процесс кислотогенеза не прерывается. Плюс за счёт разрушения клеточной структуры субстрата, упрощается доступ к питательным веществам для микроорганизмов и увеличивается скорость их роста, что нивелирует влияние данного недостатка, что прекрасно видно по увеличению объёма газа.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ОБРАБОТКИ

Использование установок по обработке субстрата на практике несет большие перспективы.

Во-первых, за счёт устройства по предварительной подготовке субстрата осуществляется гораздо более полную переработку исходного сырья, позволяющая микроорганизмам потреблять в пищу более сложные волокнистые трудноразлагаемые соединения.

Во-вторых, факт увеличения роста газа после прохождения через устройство подготовки субстрата, позволяет на некоторых биогазовых установках заменить дорогое высококалорийное сырьё на более дешёвые, но менее калорийные аналоги без потери объёмов получаемого газа.

В-третьих, устройство подготовки субстрата можно использовать и в других отраслях биоэнергетики. Например, в процессе получения биоэтанола требуется производить ферментацию сырья, которая сопровождается большими энергозатратами. Гомогенизация сырья при его ультразвуковой обработке позволяет увеличить площадь контакта с ферментами, а значит уменьшить энергозатраты и увеличить выход спиртов.

Сегодня, биогазовые установки используются преимущественно для утилизации отходов. Однако, при грамотном подборе метода предварительной подготовки субстрата, количество дополнительно получаемого биогаза сделает рентабельной не только утилизацию отходов, но и производство энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Shcheklein S.E., Chugunov A.V., Arbuzova E.V. Anaerobic conversion of biomass upon disintegration in ultrasonic fields of low intensity // WIT Transactions on Ecology and the Environment. Vol.190 – 2014. – С.1017-1021.
2. Liew, L.N., Shi, J., Li, Y., Enhancing the solid-state anaerobic digestion of fallen leaves through simultaneous alkaline treatment. – Bioresource Technology, 2011 – №102.
3. Menind, A., Normak, A. Study on grinding biomass as pretreatment for biogasification. – Biosystems Engineering 2010, №13. Тарту, Эстония, 2010.
4. Повышение экономической эффективности биогазовых установок [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://wisesoil.ru/> – Загл. с экрана. –
5. Терпелец М. А., Арбузова Е. В. Методы предварительной подготовки субстрата и их влияние на выход биогаза. – УрФУ. Россия, 2016